

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lebah Madu

Lebah madu merupakan serangga sosial yang hidup berkoloni yang berperan dalam menghasilkan madu. Serangga ini mengubah nektar yang dihasilkan tanaman menjadi madu. Selanjutnya madu akan disimpan didalam sarang lebah. Lebah madu terdiri dari beberapa jenis di antaranya lebah hutan (*Apis dorsata*), lebah Australia (*Apis mellifera*), *Apis florea*, dan lebah lokal (*Apis indica*). Di negara-negara Asia seperti Jepang, India, dan Korea dapat ditemukan lebah oriental (*Apis cerana*) (Suranto, 2004). Dari beberapa jenis lebah tersebut yang sering ditenakkan dan digembalakan ada tiga jenis yaitu *Apis mellifera*, *Apis cerana* dan *Trigona sp.* Lebah *Apis dorsata* jarang untuk ditenakkan karena jenis lebah ini merupakan jenis lebah hutan yang memiliki tingkat agresivitas yang lebih tinggi dan sulit untuk digembalakan.

2.1.1. Lebah Madu *Apis mellifera*

Lebah madu yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah lebah unggul jenis *Apis mellifera* (Gambar 2) dari Eropa. Lebah madu ini dibudidayakan di Indonesia sejak tahun 1841 oleh Rijkeuns seorang Belanda dan tahun 1971 didatangkan *Apis mellifera* dari Australia (Budiwijono, 2012).



Gambar 2. *Apis mellifera* (Ilyasov *et al.*, 2015)

Ciri khas lebah madu Eropa ini adalah memiliki gelang berwarna kuning di belakang abdomen (rongga perut yang berisi alat pencernaan). Abdomen ke-6 tanpa 'tomentum'. Warna tubuh bervariasi dari coklat gelap sampai kuning hitam. Sifatnya sabar dan selalu menjaga sarangnya agar tetap bersih. Produksi madunya tinggi. Lebah madu ini sudah lama dijinakkan dan dibudidayakan. Sekarang, peternakan lebah ini sudah berkembang hampir di seluruh dunia, terutama Amerika Selatan, Amerika Utara dan Australia (Sarwono, 2001).

2.1.2. Lebah Madu *Apis cerana*

Apis cerana adalah lebah asli Asia dan diduga asal-usulnya adalah menyebar mulai dari Afghanistan, Cina hingga Jepang. *Apis cerana* sangat memperlihatkan variasi ukuran tubuh, produktivitas dan tingkah laku menurut kondisi dimana ia bermukim. *Apis cerana* (Gambar 3) mempunyai ukuran tubuh lebih kecil dan lebih ramping dibandingkan *Apis mellifera* (Pusat Perlebahan Apiari Pramuka, 2006).



Gambar 3. *Apis cerana* (Jensen, 2007)

Secara umum *Apis cerana* mirip dengan *Apis mellifera* subspecies dari Eropa. Hanya saja ukuran tubuhnya lebih kecil, agak lebih suka berpindah tempat, namun lebih tahan terhadap serangan predator (pemangsa) jenis-jenis tawon besar dan parasit-parasit tungau. *Apis cerana* lebih tinggi daya adaptasinya terhadap perubahan iklim daripada *Apis mellifera*. Hal ini terbukti bahwa *Apis cerana* lebih aktif pada musim semi dan sebaliknya kurang aktif pada musim dingin (Sihombing, 2005).

2.1.3. *Trigona* sp.

Lebah tanpa sengat termasuk keluarga *Apidae*, yang selanjutnya dibagi menjadi subfamili *Meliponinae* (Kelly *et al.*, 2014). Lebah tanpa sengat selalu aktif kecuali saat cuaca dingin. Lebah ini sangat ramah, dengan satu ratu tinggal bersama ribuan pekerja (Chutong *et al.*, 2015). Lebah *Trigona* sp. (Gambar 4) atau disebut klanceng atau lonceng (Jawa), teuwul (Sunda), gala-gala atau lebah lilin memiliki ukuran tubuh sangat kecil. Fungsinya sebagai penyerbuk bunga-bunga kecil. Serangga ini membuat

sarang dalam lubang-lubang pohon, celah-celah dinding, dan lubang bambu di dalam rumah. Tempat tinggalnya di dalam lubang yang gelap. Untuk tempat keluar dan masuk tersedia lubang kecil sepanjang 1 cm yang dilingkupi zat perekat tempat tinggalnya tersusun atas beberapa bagian. Setiap bagian digunakan untuk menyimpan madu, menyimpan tepung sari, tempat bertelur, dan tempat larvanya. Bagian tengah terdapat karangan-karangan bola berisi telur, tempayak, dan kepompong. Bagian sudut terdapat bola-bola agak kehitaman untuk menyimpan madu dan tepung sari (Sarwono, 2001).



Gambar 4. *Trigona* sp. (Kumar, Singh dan Alagumuthu, 2012)

2.2. Kaliandra

Nektar merupakan pakan lebah sumber energi. Nektar mengandung karbohidrat 3-87% seperti sukrosa, fruktosa dan glukosa. Sedangkan tepung sari atau pollen adalah pakan lebah sumber protein, lemak, sedikit karbohidrat dan mineral. Tepung sari didapatkan dari sel kelamin atau anthera bunga jantan. Kandungan protein kasar dalam tepung sari bervariasi antara 8–40% atau rata-rata 23%. Kebutuhan tepung sari tiap koloni lebah madu per tahun mencapai 50 kg yang digunakan sebagian

untuk kebutuhan bahan pakan koloni lebah dan sebagian lagi untuk pemeliharaan tetasan lebah madu (Budiwijono, 2012).

Salah satu jenis tanaman sumber pakan lebah yaitu kaliandra dengan nama ilmiah *Calliandra calothyrsus* dimana dapat berbunga tergantung musim tanamnya. Menurut Agussalim dkk (2017) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa kaliandra bunga merah dapat berbunga sepanjang tahun, sehingga mampu memenuhi kebutuhan pakan lebah madu. Nektar kaliandra berwarna kuning keemasan dan banyak tersedia pada pagi hari sekitar pukul 06.00–10.00 WIB dimana banyak ditemukan lebah *Apis cerana*, *A. mellifera*, *Trigona sp.* dan tawon yang mengumpulkan nektar. Pukul 11.00–14.00 WIB nektar kaliandra banyak yang menguap dan sangat sedikit aktivitas lebah yang mengumpulkan nektar. Jumlah nektar yang dapat dihasilkan oleh tanaman kaliandra bunga merah sangat tergantung pada jumlah ranting dan cabang yang menunjukkan bahwa setiap ranting dan cabang kaliandra dapat menghasilkan bunga. Herdiawan, dkk. (2012) menyatakan bahwa secara alami tanaman kaliandra berbunga sepanjang tahun, tetapi masa puncaknya terjadi antara bulan Juli dan Maret. Musim berbunga *Calliandra calothyrsus* di Indonesia sangat bervariasi tergantung jumlah curah hujan serta penyebarannya, dan puncaknya berlangsung antara bulan Januari-April. Tandan bunga kaliandra berkembang dalam posisi terpusat, dan bunganya bergerombol disekitar ujung batang. Chayati (2008) menyatakan bahwa terdapat bermacam-macam madu dan tergantung

dari nektar, lokasi, dan musimnya. Terdapat lebih dari 450 tanaman di dunia yang memproduksi nektar berlebih, dan madu yang dihasilkan lebah untuk masing-masing spesies berbeda warna, rasa, dan bau. Beberapa sumber pakan lebah madu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber Pakan Lebah Madu

No.	Jenis Tanaman Pakan Lebah Madu	Sumber Nektar/Pollen
1.	Kaliandra Bunga Merah	N
2.	Mahoni	N
3.	Rambutan	N
4.	Durian	N
5.	Mangga	N
6.	Alpukat	N
7.	Kapuk Randu	N
8.	Ubi Jalar	N
9.	Cokelat	N
10.	Jambu Air	N
11.	Padi	P
12.	Tomat	P
13.	Jagung	P
14.	Nangka	P
15.	Kelapa	N/P
16.	Pisang	N/P
17.	Melinjo	N/P
18.	Pepaya	N/P

(Sumber: Agussalim dkk., 2017)

2.3. Madu

Madu adalah cairan alami yang umumnya mempunyai rasa manis yang dihasilkan oleh lebah madu dari sari bunga tanaman (floral nektar) atau bagian lain dari tanaman (ekstra floral nektar) atau ekskresi serangga (Gebremariam dan Brhane, 2014). Nektar adalah senyawa kompleks yang dihasilkan oleh kelenjar nektarifer dalam bunga dan berbentuk larutan gula dengan konsentrasi bervariasi. Sukrosa, fruktosa, dan glukosa adalah komponen utama nektar, disamping zat-zat gula lainnya dalam konsentrasi yang lebih sedikit. Disamping itu, terdapat juga zat lain dalam jumlah yang sedikit yaitu asam amino, resin, protein, garam, dan mineral. Nektar ini kemudian diolah menjadi madu dalam kelenjar lebah pekerja. Karena itu, madu dari sari bunga yang berbeda akan memiliki rasa, warna, aroma, dan manfaat yang berbeda juga (Suranto, 2004). Nektar dipengaruhi beberapa faktor, yaitu tanah, jenis tanaman, dan kelembaban udara. Proses perubahan nektar menjadi madu diawali dengan proses kimia yang terdapat reaksi invertase, yaitu cairan manis nektar yang diubah menjadi gula yang memiliki struktur lebih sederhana. Reaksi invertase berlangsung secara katalitik karena adanya enzim invertase yang terdapat didalam nektar dan air ludah lebah. Selain proses kimia juga terdapat proses fisika dimulai dengan cara mengurangi kadar air dalam nektar yang sudah mengalami proses invertase (Jaya, 2017).

Madu merupakan larutan jenuh atau lewat jenuh dari gula dengan kandungan air biasanya hanya sekitar

15-21% dari beratnya. Padatan pada madu, 84% adalah campuran dari monosakarida, yaitu fruktosa dan glukosa. Interaksi yang kuat dari molekul-molekul gula-gula tersebut dengan molekul air menghasilkan sangat sedikit molekul air tersedia untuk mikroorganisme. Mikroorganisme akan kehilangan air dari proses osmosis ini dan akan mengalami dehidrasi sehingga dapat membunuh mikroorganisme tersebut (Nadhilla, 2014).

Kualitas madu ditentukan oleh cara pemanenan madu, warna madu, cita rasa madu, jenis madu, komposisi madu dan kadar air. Pemanenan bisa dilakukan pada saat musim nektar telah berakhir yaitu sekitar 2-3 minggu. Jika sel-sel dalam sarang madu telah ditutup oleh lapisan lilin, madu tersebut telah memenuhi syarat kadar air dan siap untuk dipanen. Cita rasa madu ditentukan oleh zat yang terdapat dalam madu diantaranya glukosa, alkaloid, asam glukonat, dan prolin. Warna merupakan salah satu kriteria mutu madu dengan variasi warna dari hitam, coklat gelap hingga putih (transparan). Warna madu dipengaruhi oleh mineral, jenis tanaman asal, cara pengolahan madu seperti ekstraksi madu dan pemanasan. Semakin gelap warna madu, biasanya aromanya semakin tajam dan keras. Faktor lain yang menentukan kualitas madu adalah jenis lebah, jenis bunga, iklim, dan musim (Suranto, 2004).

Kualitas madu dapat dilihat dari beberapa uji kualitas madu diantaranya yaitu kadar air, kadar keasaman, kadar gula pereduksi, aktivitas enzim diastase dan kadar hidroxymethylfurfural (HMF). Kualitas madu ditentukan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Persyaratan Mutu Madu

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
A	Uji Organoleptik	-	
1	Bau	-	Khas Madu
2	Rasa	-	Khas Madu
B	Uji Laboratoris		
1	Aktivitas Enzim Diastase	DN	Min 3*)
2	Hidroksimetilfurfural (HMF)	mg/kg	Maks 50
3	Kadar Air	% b/b	Maks 22
4	Gula Pereduksi (dihitung sebagai glukosa)	% b/b	Min 65
5	Sukrosa	% b/b	Maks 5
6	Keasaman	mL NaOH/kg	Maks 50
7	Padatan Tak Larut dalam Air	% b/b	Maks 0,5
8	Abu	% b/b	Maks 0,5
9	Cemaran Logam		
	9.1 Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 2,0
	9.2 Cadmium (Cd)	mg/kg	Maks 0,2
	9.3 Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks 0,03
10	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks 1,0
11	Kloramfenikol		Tidak terdeteksi
12	Cemaran Mikroba		

12.1	Angka Lempeng (ALT)	Koloni/g	$<5 \times 10^3$
12.2	Angka Paling Mungkin (APM) koliform	APM/g	<3
12.3	Kapan dan Khamir	Koloni/g	$<1 \times 10^1$

CATATAN *) persyaratan ini berdasarkan pengujian setelah madu dipanen

Sumber: Badan Standar Nasional Indonesia (2013)

2.4. Kadar Air Madu

Kadar air pada madu ditetapkan oleh SNI (2013) dengan nilai maksimal 22%. Air merupakan komponen kedua terpenting dalam madu yang mempengaruhi proses penyimpanan madu. Mineral seperti potassium, kalsium, tembaga, besi, mangan, dan fosfor terkandung dalam madu, namun dengan jumlah yang sedikit. Enzim-enzim utama yang terdapat dalam madu antara lain invertase (saccharase), diastase (amylase) dan glucose oxidase. Madu mengandung vitamin A, B (thiamin), B2 kompleks seperti riboflavin, B3, B5, B6, C, D, E, K, beta karoten, asam fenolik, asam nikotinat, dan flavonoid (Parwata, Ratnayani dan Listya, 2010).

Penelitian sebelumnya dari Manzoor *et al* (2013), kandungan madu di India memiliki kadar air madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $8,9 \pm 0,32$ % dan kadar air madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $7,7 \pm 0,42$ %. Penelitian kandungan madu di Malaysia didapatkan

kandungan kadar air madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $23,55 \pm 0,27$ g/100 g, kadar air madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $21,96 \pm 0,67$ g/100 g dan kadar air madu dari jenis lebah *Heterotrigona itama* sebesar $33,24 \pm 2,54$ g/100 g (Kek *et al*, 2017), di negara yang sama didapatkan data hasil kandungan kadar air madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $14,86 \pm 0,20$ % dan kadar air madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $16,99 \pm 0,31$ % (Moniruzzaman *et al*, 2013). Kandungan madu di Etiopia memiliki kadar air madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $18,5 \pm 0,01$ % dan kadar air madu dari jenis lebah *Trigona sp.* sebesar $25 \pm 0,02$ % (Andualem, 2014). Madu di Saudi Arabia dari jenis lebah *Apis mellifera* memiliki kandungan kadar air $18,50 \pm 1,53$ % (Al-Ghamdi *et al*, 2017). Menurut Tanuwidjaya (2014) dalam penelitiannya di IPB menunjukkan hasil kadar air madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $24,16 \pm 2,91$ %, *Apis cerana* sebesar $24,31 \pm 2,38$ % dan *Trigona sp.* sebesar $28,2 \pm 4,92$ %.

Menurut Minarti, Jaya dan Merlina (2016) semakin lama umur panen maka kandungan air pada madu akan semakin rendah, turunya kadar air disebabkan oleh tingkat kelembaban, suhu serta penanganan yang terlalu dini. Gairola, Tiwari and Tiwari (2013) menyebutkan bahwa Kadar air madu juga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain iklim dan penanganan pasca panen. Faktor kelembaban udara merupakan salah satu kendala madu yang dipanen di Indonesia (tanpa pemanasan) mempunyai kadar air yang tinggi yaitu 19-25%, hal

tersebut disebabkan Indonesia mempunyai kelembaban yang tinggi yakni berkisar 60-90% (Sihombing, 2005).

Cortez *et al.* (2013) kandungan air yang lebih tinggi dapat menyebabkan fermentasi madu yang tidak diinginkan selama penyimpanan, yang disebabkan oleh aksi ragi osmotolerant, yang menghasilkan pembentukan etil alkohol dan karbon dioksida. Menurut Adalina (2017) untuk mengurangi kadar air madu agar memenuhi standar SNI 2013, maka perlu pemrosesan berupa penurunan kadar air menggunakan alat dehumifier. Namun, pemrosesan tersebut sulit dilaksanakan ditingkat petani karena tingginya harga alat tersebut.

2.5. Kadar Keasaman Madu

Keasaman madu ditetapkan dalam SNI (2013) yaitu dengan nilai maksimal 50 mL NaOH/kg. Keasaman madu *Trigona* sebesar 160.42 mL NaOH 1 N kg⁻¹, nilai tersebut jauh melebihi SNI 01-3545-2004, namun ketika sampel diterima dan wadahnya dibuka tidak terjadi letupan atau desisan yang artinya tidak terjadi fermentasi (Tanuwidjaya, 2014). Hal ini disebabkan adanya asam yang menurut Sihombing (2005) asam bebas dalam madu seperti asam asetat, butirat, format, glukonat, laktat, malat, maleat, sitrat, dan lainnya. Mineral yang bersifat asam dalam madu juga mempengaruhi nilai keasaman madu, seperti I, Cl, Mn, F, P, Se, Al, B.

Penelitian sebelumnya dari Manzoor *et al.* (2013) kandungan madu di India memiliki keasaman madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $21,17 \pm 0,06$ % dan keasaman madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar

22,15 \pm 0,94 %. Penelitian kandungan madu di Malaysia memiliki keasaman madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar 48,6 \pm 1,9 meq/kg, keasaman madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar 47,6 \pm 0,8 meq/kg dan keasaman madu dari jenis lebah *Heterotrigona itama* sebesar 136,8 \pm 7,6 meq/kg (Kek *et al*, 2017). Kandungan keasaman madu di Etiopia dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar 6,48 \pm 0,01 meq/kg dan dari jenis lebah *Trigona sp.* sebesar 36,75 \pm 0,02 meq/kg (Andualem, 2014). Madu di Saudi Arabia dari *Apis mellifera* memiliki kandungan keasaman 51,80 \pm 1,947 meq/kg. Menurut Tanuwidjaya (2014) dalam penelitiannya di IPB menunjukkan hasil dari keasaman madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar 33,48 \pm 12,32 mL NaOH/kg, keasaman madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar 26,47 \pm 11,37 mL NaOH/kg dan keasaman madu dari jenis lebah *Trigona sp.* sebesar 160,42 \pm 56,31 mL NaOH/kg.

Keasaman madu berkontribusi terhadap flora, meningkatkan aktivitas antioksidan dan pengaruh terhadap aksi mikroorganisme (Cavia *et al*, 2007). Menurut Adalina (2017) madu yang mempunyai kadar air yang tinggi mudah terfermentasi oleh sel khamir atau *yeast* dari genus *Zygosaccharomyces* yang tahan terhadap konsentrasi gula tinggi, sehingga dapat hidup dan berkembang dalam madu. Mohamed dan Mohamed (2015) keasaman bebas ditemukan di bawah 50 mg/kg, menunjukkan tidak adanya fermentasi yang tidak diinginkan. Variasi keasaman bebas di antara jenis madu yang berbeda dapat dikaitkan dengan variasi karena musim panen. Semakin meningkatnya kadar keasaman

merupakan suatu indikator telah terjadinya proses fermentasi dan proses transformasi alkohol menjadi asam organik.

Penyimpanan madu pada suhu dingin lebih disarankan daripada suhu ruang, karena pada suhu ruang tingkat kelembaban lebih tinggi, sehingga madu lebih mudah menyerap air, dengan kadar air tinggi akan lebih mudah menyebabkan terjadinya fermentasi. Hal inilah yang menyebabkan kadar keasaman madu pada suhu ruang lebih tinggi daripada madu suhu dingin (Wulandari, 2017).

2.6. Kadar Gula Pereduksi Madu

Gandhi *et al.* (2017) menyatakan bahwa gula pereduksi adalah gula yang dapat bertindak sebagai zat pereduksi karena adanya gugus aldehid dan kelompok keton bebas. Semua monosakarida, bersama beberapa disakarida, oligosakarida dan polisakarida merupakan gula pereduksi. Monosakarida umumnya seperti glukosa, fruktosa dan galaktosa adalah gula pereduksi sedangkan sukrosa berperan sebagai gula non-pereduksi. Menurut Wulandari (2017) ada beberapa faktor yang mempengaruhi kadar gula pereduksi madu antara lain, kadar air, kelembapan, dan masa panen. SNI (2013) untuk kadar gula madu ditetapkan minimum 65%. Komponen-komponen utama dari larutan gula dalam nektar yaitu: fruktosa, glukosa dan sukrosa. Sedangkan zat-zat gula dengan jumlah yang sedikit adalah maltosa, melibiosa, rafinosa dan lain-lain (Jaya, 2017). Nektar segar yang diperoleh dari bunga biasanya hanya mengandung

fruktosa, glukosa dan sukrosa. Proporsi fruktosa terhadap glukosa berfluktuasi cukup banyak, namun selalu ada fruktosa lebih banyak daripada glukosa (Sajwani *et al.*, 2007). Kadar gula pereduksi yang paling dominan pada madu yaitu glukosa dan fruktosa. Komponen gula lainnya pada madu yaitu berupa sukrosa dan maltosa (Boussaid *et al.* 2014). Kandungan utama madu yaitu gula dan air. Kadar gula yang terkandung dalam madu mencapai 95-99% terdiri dari fruktosa (38,2%), glukosa (31,3%), dan jenis gula lain seperti maltosa, sukrosa, isomaltosa, dan beberapa oligosakarida dalam jumlah sedikit (Olaitan, Adekel dan Ola, 2007). Chayati (2008) menyatakan bahwa komposisi gula pada madu berpengaruh terhadap sifat-sifat fungsional madu, yaitu kemampuan madu dalam menahan air serta memperpanjang masa simpan. Glukosa dan fruktosa akan mempengaruhi sifat higroskopis madu dan kecenderungan madu untuk mengkristal.

Penelitian sebelumnya tentang gula pereduksi madu dari Manzoor *et al* (2013) dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $65,9 \pm 3,82$ % dan dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $64,71 \pm 0,06$ %. Madu di Saudi Arabia dari *Apis mellifera* memiliki kandungan gula pereduksi $68,94 \pm 1,99$ % (Al-Ghamdi *et al*, 2017). Menurut Tanuwidjaya (2014) dalam penelitiannya di IPB menunjukkan hasil gula pereduksi madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $67,44 \pm 3,57$ %, dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $68,39 \pm 2,91$ % dan dari jenis lebah *Trigona sp.* sebesar $44,08 \pm 11,49$ %.

Evahelda dkk (2015) menyatakan bahwa rendahnya kadar glukosa bisa disebabkan karena telah terjadinya proses fermentasi pada madu. Proses fermentasi dapat dilakukan oleh khamir dari genus *Zygosaccharomyces* yang tahan terhadap konsentrasi gula tinggi, sehingga dapat hidup didalam madu. Selama fermentasi, sel khamir akan mendegradasi gula dalam madu (khususnya glukosa dan fruktosa) menjadi alkohol (etanol). Sihombing (2005) juga menjelaskan bahwa tingginya kadar air di kawasan tanaman sumber pakan lebah menyebabkan produksi nektar meningkat, namun menurunkan kadar gula nektar. Suhaela, Noor dan Ahyar (2016) menyatakan bahwa waktu penyimpanan mengurangi kandungan gula pereduksi. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas enzim yang menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.

2.7. Kadar Aktivitas Enzim Diastase Madu

Aktivitas enzim diastase ditetapkan oleh SNI (2013) dengan nilai minimum 3 DN. Kowalski *et al.* (2012) menyatakan bahwa salah satu enzim paling penting dalam madu adalah enzim diastase yang mampu memecah ikatan glikosidik di oligo dan polisakarida. Saxena dan Gautam (2017) menyatakan bahwa enzim diastase adalah enzim yang secara alami hadir dalam madu dan secara rutin digunakan sebagai indeks untuk evaluasi kualitasnya. Fungsi dari enzim diastase ini untuk mencerna molekul pati dalam campuran maltosa (disakarida) dan maltotriosa (trisakarida). Aktivitas enzim dapat menurun dengan waktu penyimpanan dan

pemanasan. Kegiatan diastase dapat diukur dan dinyatakan sebagai nomor diastase. Pada penelitian sebelumnya didapatkan nilai enzim diastase dari Manzoor *et al.* (2013) kandungan madu di India yaitu kandungan aktivitas enzim diastase madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $14,46 \pm 0,38$ % dan dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $13,19 \pm 6,5$ %. Voldrich *et al.* (2009) enzim diastase dihasilkan oleh air liur lebah dan menunjukkan semakin tinggi nilai enzim tersebut maka semakin banyak air liur lebah pada madu. Jumlah diastase adalah kriteria yang sangat berguna untuk mendeteksi pemalsuan madu atau untuk mengkonfirmasi perlakuan panas yang tidak diijinkan atau kondisi penyimpanan yang salah, dan lain-lain.

2.8. Kadar Hidroksimetilfurfural (HMF) Madu

Kadar hidroksimetilfurfural (HMF) ditetapkan oleh SNI (2013) dengan nilai maksimum 50 mg/kg. HMF disintesis secara utama oleh adanya dehidrasi pada monosakarida yang membutuhkan hilangnya tiga molekul air. Proses tersebut dikatalisis oleh suasana asam dengan komponen awal yang terbaik dalam pembentukan HMF berupa fruktosa (Simeonov dan Alfonso, 2013).

Penelitian sebelumnya didapatkan kadar hidroksimetilfurfural (HMF) madu dari Malaysia dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $(68,99 \pm 0,44$ mg/kg) dan dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $28,50 \pm 1,05$ mg/kg (Moniruzzaman *et al.*, 2013). Madu di Saudi Arabia dari *Apis mellifera* memiliki kandungan hidroksimetilfurfural (HMF) sebesar $3,78 \pm 1,4$ mg/100 g

(Al-Ghamdi *et al*, 2017). Menurut Tanuwidjaya (2014) dalam penelitiannya di IPB menunjukkan hasil hidroksimetilfurfural (HMF) madu dari jenis lebah *Apis mellifera* sebesar $7,81 \pm 11,00$ mg/kg, hidroksimetilfurfural (HMF) madu dari jenis lebah *Apis cerana* sebesar $32,44 \pm 71,54$ mg/kg dan hidroksimetilfurfural (HMF) madu dari jenis lebah *Trigona sp.* tidak terdeteksi. Kadar hidroksimetilfurfural (HMF) merupakan salah satu indikator kerusakan madu oleh pemanasan yang berlebihan maupun karena pemalsuan dengan gula invert. Pemeriksaan derajat pemanasan madu dapat dilakukan analisa terhadap keaktifan enzim diastase dan kadar hidroksimetilfurfural (HMF). Bila keaktifan diastase menurun dan kadar hidroksimetilfurfural (HMF) meningkat sampai batas yang diizinkan berarti ada pemanasan berlebihan, sehingga kualitas madu menurun. Bahkan bila keaktifan diastase sampai 0, kemungkinan madunya palsu atau tiruan. Demikian juga bila kadar hidroksimetilfurfural (HMF) > 50 mg/kg madu kemungkinan adanya pemalsuan dengan gula invert (Harjo, Radiati dan Rosyidi, 2015).

Sukmawati, Noor dan Firdaus (2015) menyatakan bahwa indikator yang diperlukan untuk menentukan apakah madu telah mengalami proses pemanasan yaitu dengan memperhatikan nilai hidroksimetilfurfural (HMF). Sampel madu yang memiliki kadar HMF kurang dari standar dapat dikategorikan sebagai madu dalam kondisi masih segar. Al-Jiab dan Jarkas (2015) menjelaskan bahwa dalam variasi hasil dalam keasaman karena bioaktivitas yang dapat menyebabkan

pembentukan hidroksimetilfurfural (HMF). Hidroksimetilfurfural (HMF) ditemukan pada madu segar di tingkat rendah, dan meningkat karena perlakuan panas. Boussaid *et al.* (2014) kadar hidroksimetilfurfural (HMF) yang rendah pada madu juga menunjukkan bahwa madu masih dalam keadaan segar. Chua *et al.* (2014) menyebutkan bahwa kadar hidroksimetilfurfural (HMF) pada madu meningkat secara proporsional dengan meningkatnya pemanasan selama 60 menit.

